

А. М. Джембеков

РЕГУЛЯТОР ТЕМПЕРАТУРЫ СТАБИЛЬНОГО КАТАЛИЗАТА НА БАЗЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В работе сформулирована задача управления блоком стабилизации катализата процесса каталитического риформинга на основе экспертной информации. Для повышения эффективности управления процессом стабилизации катализата риформинга разработана система регулирования температуры куба колонны на базе нечеткой логики. Произведен расчет нечеткого регулятора системы управления, произведена фаззификация значений выделенных лингвистических переменных, построены две системы регулирования температуры куба колонны (система с цифровым ПИД-регулятором и система с цифровым нечетким регулятором). Сравнительный анализ переходных процессов в данных системах показал наличие ряда преимуществ нечеткого регулятора.

Ключевые слова: *каталитический риформинг, стабилизационная колонна, нечеткий регулятор, лингвистическая переменная, система нечеткого вывода.*

In this paper we formulate the problem of stabilization control unit catalysate catalytic reforming process based on expert information. To enhance the management process of stabilization catalysate reforming temperature control system designed bottom of the column based on fuzzy logic. The calculation of fuzzy controller control system, made fuzzification values allocated linguistic variables, built two temperature control system bottom of the column (system with digital PID-controller and system with digital fuzzy controller). Comparative analysis of transient processes in these systems revealed several advantages of fuzzy controller.

Keywords: *catalytic reforming stabilizer column, fuzzy controllers, linguistic variables, fuzzy inference system.*

На сегодняшний день большинство производственных установок, как реальных объектов управления, функционирует в условиях неопределенности, как самого объекта, так и действующих на него неконтролируемых возмущающих воздействий. Примером может служить установка каталитического риформинга. Сложные математические модели данного процесса, в большинстве случаев, оказываются неэффективными при разработке оптимальных и адаптивных систем управления [1] ввиду нестационарности процесса [2]. Наличие опытного эксперта-оператора установки является одним из обязательных условий ее надежной работы. Приобретаемые в процессе работы оператором знания и опыт по настройке параметров оборудования могут служить основой для построения адаптивных интеллектуальных систем управления процессом [3]. При построении моделей каталитического риформинга важным вопросом является учет в модели качественных показателей (качества сырья, активности катализатора, качества топливного газа, состо-

нения трубчатых печей). Поэтому возникает необходимость в использовании метода моделирования, допускающего обработку качественной информации от экспертов [4]. Наиболее подходящим инструментарием, позволяющим строить модели управления на основе качественной информации об объекте, являются методы теории нечетких множеств и нечеткой логики [5].

Целью данной работы является повышение эффективности управления процессом каталитического риформинга за счет разработки интеллектуальной системы управления данным процессом. Объектом исследования является стабилизационная колонна установки каталитического риформинга. Стабильный катализат, получаемый на выходе стабилизационной колонны, является одним из последних продуктов, образуемых в общей цепи процесса каталитического риформинга. После процесса стабилизации продукт поступает на заключительные стадии приготовления бензина (парк полуфабрикатов, смешивание полуфабрикатов, товарный парк). Поэтому управление процессом стабилизации катализата является одной из наиболее важных задач на установке риформинга.

Необходима разработка нечеткой системы регулирования основных параметров стабилизационной колонны, которая будет учитывать опыт экспертов-наладчиков данной установки. Температура выходного потока (стабильного катализата) стабилизационной колонны является наиболее значимым показателем, который используют при анализе характеристик продукта каталитического риформинга. Поэтому остановимся на нечетком регулировании температуры куба колонны риформинга.

Представим систему управления температурой низа колонны стабилизации с цифровым нечетким регулятором (НР) в виде следующей структурной схемы (рис. 1) [6]:

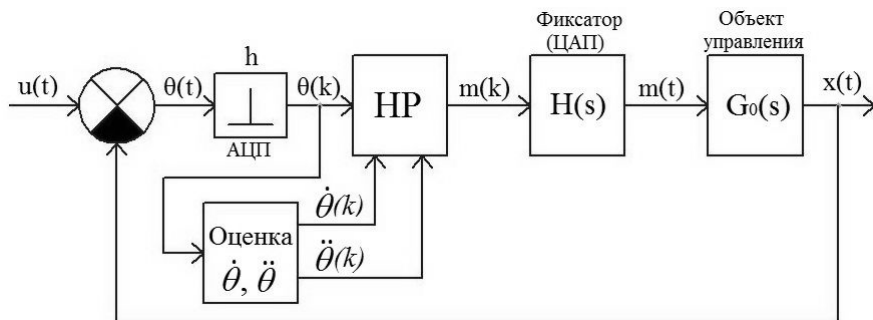


Рис. 1. Примерная структура системы управления с цифровым НР

В качестве управляющего воздействия $\theta(t)$ в нечеткой системе будет выступать ошибка регулирования температуры, измеряемой на выходе из трубчатой печи подогрева сырья колонны. Температура на выходе печи подогрева должна поддерживаться в заданных пределах: $220 \div 256$ °С. После выработки управляющего воздействия НР получаем значение ошибки регулирования температуры $m(t)$ печи

подогрева, которое будет подано на исследуемую, в системе Matlab Simulink, модель стабилизационной колонны. На выходе объекта управления мы получаем значение ошибки регулирования температуры $x(t)$ низа колонны. На регулирование температуры низа стабилизационной колонны также накладываются ограничения: $200 \div 250$ °С.

Была произведена фаззификация входных и выходной лингвистических переменных: ошибка системы θ , скорость изменения (первая производная) ошибки $\dot{\theta}$, ускорение (вторая производная) ошибки $\ddot{\theta}$, управляющее воздействие на объект m , в соответствии с рекомендациями, описанными в [7]. Здесь на основе сравнительного анализа переходных процессов была выбрана система нечеткого вывода Мамдани и получена нечеткая база правил.

Передаточная функция объекта управления (колонны стабилизации) будет следующая [8]:

$$G_K(s) = \frac{3 \cdot e^{-30s}}{72856.17 \cdot s^3 + 6092.43 \cdot s^2 + 133.82 \cdot s + 1}.$$

Составленные в интерактивной системе MATLAB структурные схемы систем регулирования температуры низа колонны установки риформинга с цифровыми ПИД-регулятором и нечетким регулятором приведены на рис. 2.

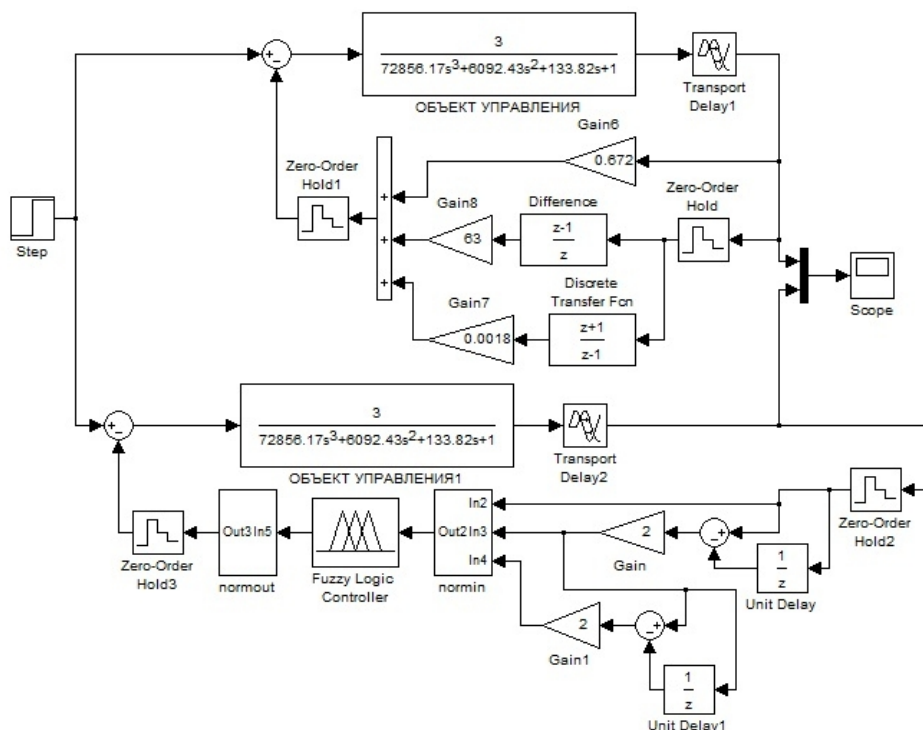


Рис. 2. Структурные схемы систем регулирования с цифровыми ПИД- и нечетким регуляторами

Передаточная функция цифрового ПИД-регулятора будет следующей:

$$W(z) = K + \frac{K_i h_0}{2} \frac{z+1}{z-1} + \frac{K_d}{h_0} \frac{z-1}{z}.$$

Настройка регуляторов произведена с целью получения минимальной динамической ошибки рассогласования. После настройки цифрового ПИД-регулятора при шаге дискретизации $h_0 = 0,001$ с получены следующие оптимальные коэффициенты передаточной функции: $K = 0,672$; $K_i = 0,0018$; $K_d = 63$.

Получены переходные процессы в системах управления с цифровыми ПИД-регулятором и нечетким регулятором (рис. 3). На основании данных процессов было произведено сравнение показателей качества регулирования в системах управления (табл.).

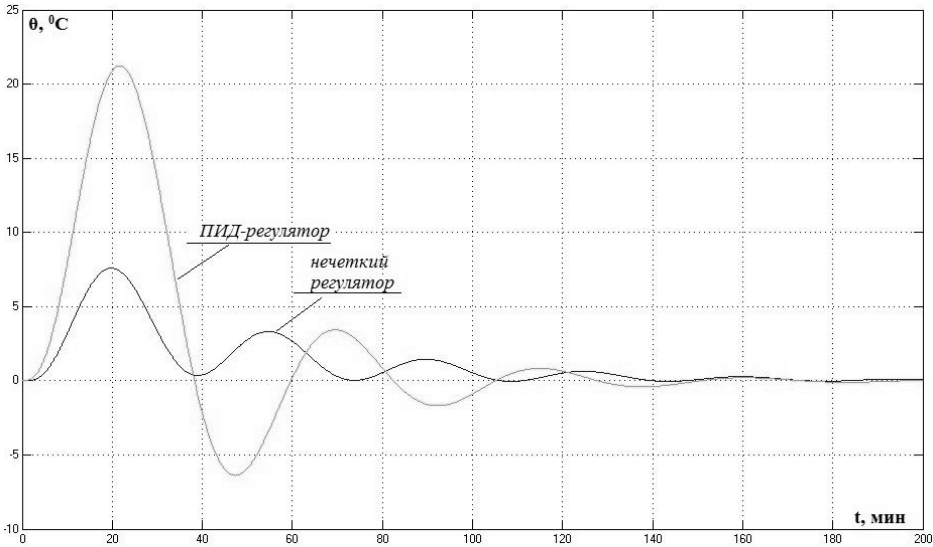


Рис. 3. Переходные процессы в системах с цифровыми ПИД- и нечетким регуляторами

Показатели качества процессов в системах управления

Показатель	Система с ПИД-регулятором	Система с нечетким регулятором
Время переходного процесса t_p , мин	200	180
Перерегулирование σ , °C	21,29	7,59
Время достижения первого максимума t_{MAX} , мин	21,875	19,89
Степень затухания ψ	$(21,29 - 3,33) / 21,29 = 0,8436$	$(7,59 - 3,32) / 7,59 = 0,5626$
Квадратичный интегральный критерий качества I_2	7418	975,5

Анализируя полученные переходные процессы можно заключить, что как ПИД-регулятор, так и нечеткий регулятор в системе регулирования температуры куба стабилизационной колонны риформинга обеспечивают устойчивое поддержание теплового режима колонны с достаточно высокими показателями качества. Но в системе с нечетким (работающим на базе нечеткой логики) регулятором величина перерегулирования в 3 раза меньше, чем в системе с ПИД-регулятором. Рассмотренный нечеткий регулятор придает всей системе автоматического регулирования способность поддерживать на заданном уровне, как температуру, так и динамику изменения ее во времени, т. е. регулировать качество процесса каталитического риформинга. Т. к. параметры стабилизационной колонны установки риформинга изменяются в очень широких диапазонах, то нечеткий регулятор может обеспечивать достаточное качество системы управления.

Литература

1. Петров П. А. Моделирование процесса каталитического риформинга // Фундаментальные исследования. 2007. № 12-2. С. 308–309.
2. Шура И. А., Сотников В. В., Сибаров Д. А. Математическая модель для управления процессом каталитического риформинга // Информационные системы и технологии. 2008. № 1-3. С. 307–311.
3. Щербатов И. А., Проталинский О. М. Система поддержки принятия решений для операторов слабоформализуемых ТП // Автоматизация в промышленности. 2009. № 7. С. 41.
4. Проталинский О. М., Мичуров Ю. И., Щербатов И. А. Гибридная модель каталитического реактора процесса Клауса // Изв. вузов. Северо-Кавк. регион. Техн. науки. 2005. Прил. № 2. С. 23–34.
5. Леоненков А. Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech. СПб.: БХВ, 2005. 736 с.
6. Гостев В. И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. К.: «Радіоаматор», 2008. 972 с.
7. Джамбеков А. М. Разработка нечеткой системы управления процессом вторичной переработки бензина // Геология, география и глобальная энергия. № 3(54). 2014. С. 89–93.
8. Джамбеков А. М. Управление процессом каталитического риформинга на основе экспертной информации // Системы. Методы. Технологии. № 4(24). 2014. С. 103–111.